

SEGUIMENT DEL CONTINGUT DE NITRATS AL SÒL I EN PLANTA EN PARCEL·LES COMERCIALS DE PANÍS AL PLA D'URGELL

P. VILLAR*, ** i J. M. VILLAR*

RESUM

En aquest treball es presenten els resultats parcials del primer any de seguiment de nitrats al sòl i en planta de parcel·les comercials de panís (*Zea mays* L.) a la zona regable dels canals d'Urgell. Les parcel·les han estat seleccionades a partir del coneixement dels sòls de la zona i com a principal criteri el de la representativitat espacial.

L'excés de nitrogen a la zona, present a les capes freàtiques i a la xarxa de reg i de drenatges, ve donat per l'aplicació en excés de nitrogen als cultius, entre els quals el panís és un dels més importants. A les parcel·les seguides s'han aplicat dosis de nitrogen que van dels 250 als 350 kg N/ha. Els primers resultats mostren com les aplicacions que fan els agricultors són independents de les disponibilitats inicials de nitrogen al sòl. També es mostra com la determinació de nitrats a la base de la tija al final del cicle pot servir per

conèixer si les disponibilitats de N han estat excessives. Els rendiments més elevats, 13,5 Mg/ha, han coincidit amb les aplicacions de N més baixes, les disponibilitats de nitrogen també més baixes i amb el contingut de nitrats a la base de la tija més baix (0,4 g N-NO₃/kg). Tot això demostra que la racionalització de l'ús del nitrogen és possible.

PARAULES CLAU: nitrogen, nitrats, panís (*Zea mays* L.), informació de sòls.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados parciales del primer año de seguimiento de nitratos en el suelo y en planta de parcelas comerciales de maíz (*Zea mays* L.) en la zona regable de los canales de Urgell. Las parcelas han sido seleccionadas a partir del conocimiento de los suelos de la zona y como criterio principal el de su representatividad espacial.

El exceso de nitrógeno en la zona, presente en las capas freáticas y en la red de riego y de drenajes viene dado por la aplicación en exceso de nitrógeno

* Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. UdL Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Rovira Roure, 177. 25198 Lleida.

** Laboratori d'Anàlisi i Fertilitat de Sòls. Partida Set-sambes, s/n. 25222 Sidamon (Lleida).

no a los cultivos, dentro de los cuales el maíz es uno de los más importantes. En las parcelas seguidas se han aplicado dosis de nitrógeno que van de los 250 a los 350 kg N/ha. Los primeros resultados muestran como las aplicaciones que hacen los agricultores son independientes de las disponibilidades iniciales de nitrógeno en el suelo. También se muestra como la determinación de nitratos en la base del tallo al final del ciclo puede servir para conocer si las disponibilidades de N han sido excesivas. Los rendimientos más elevados 13,5 Mg/ha han coincidido con las aplicaciones de N más bajas, las disponibilidades de nitrógeno también más bajas y con el contenido de nitratos en la base del tallo más bajo (0,4 g N-NO₃/kg). Todo esto demuestra que la racionalización del uso del nitrógeno es posible.

PALABRAS CLAVE: nitrógeno, nitratos, maíz (*Zea mays* L.), información de suelos.

SUMMARY

This paper presents the partial results of the first year monitoring of soil and plant nitrate contents in commercial maize (*Zea mays* L.) in the Urgell canal irrigated area. The fields have been selected starting from the knowledge of the soils in the area and their spatial representativeness as main criteria.

The excess of nitrogen in the area, present in the groundwater as well as in the irrigation water, is due to overfertilisation of the crops, of which maize is one of the most important. In the monitored fields the applied nitrogen fertilizer ranges from 250 to 350 kg/ha.

The first results show that the farmers' applications are not related to the initially available soil nitrogen. They also show how the determination of nitrates in the lower part of the stem at the end of the cycle may help to show if the N availability has been excessive. The higher yields, 13.5 Mg/ha are the same with the lower fertilizer applications, with the lower soil N availabilities and with the lower contents of nitrates in the lower part of the stem (0.4 g N-NO₃/kg). All of this show there is ample room to rationalize the nitrogen use.

KEY WORDS: nitrogen, nitrate, maize (*Zea mays* L.), soil information.

1. INTRODUCCIÓ

El treball que es presenta correspon al primer any d'avaluació de la fertilització nitrogenada en parcel·les comercials de panís, és a dir portades directament per agricultors. L'avaluació es fa seguint els perfils de nitrats al sòl abans i després de la fertilització nitrogenada i al llarg del cicle de cultiu.

El nitrogen és un element essencial per la producció de cultius i juntament amb l'aigua és un factor clau per a obtenir alts rendiments. Ningú no pot negar la importància que té el nitrogen en el sosteniment de la producció d'aliments en un context mundial, encara que hi ha molts motius per anar cap a una racionalització del seu ús, principalment en sistemes de producció on, considerada d'una manera global, l'aplicació sembla excessiva. La presència de nitrats a les capes freàtiques superficials i a la xarxa de distribució de l'aigua de

reg, fa pensar que el nitrogen que no absorbeix el cultiu continua de forma temporal en el sistema.

Els nitrats que no són absorbits en la major part de sòls es troben presents a la solució del sòl, des d'on són absorbits per les arrels, o poden ser lixiviat fora de la zona radicular passant a les capes freàtiques superficials associades al reg i a les aigües de drenatge (Weil *et al.*, 1990, Verdegem i Baert 1984). En alguns casos, principalment els nitrats més a prop de la superfície poden ser directament desnitrificats per l'acció microbiana (Simmons *et al.*, 1992).

La quantitat de nitrats que passa a les aigües de drenatge depèn de la quantitat present a la solució del sòl i de la quantitat d'aigua que alimenta el nivell freàtic. Als sistemes de regadiu tradicionals (com la zona regable en estudi) on és generalitzat l'ús de sistemes de reg a tesa, la quantitat d'aigua que és lixiviat és molt important (s'han avaluat eficiències de reg a nivell de parcel·la que varien entre un 30-75 %, amb unes aplicacions anuals en el cas de cultius com el panís, d'uns 10.000 m³/ha i on cal afegir l'aigua de pluja, 400 mm).

Les pèrdues de nitrats no són desitjables ja que:

— Representen una pèrdua de tipus econòmic per l'agricultor.

— La presència de nitrats es considera un risc si s'ha d'utilitzar pel consum humà. La Comissió Europea ha establert un límit màxim admissible de 50 mgNO₃/L [11,3 mg N-NO₃/L] a l'aigua potable.

— La presència de nitrats a l'aigua freàtica i de drenatge pot limitar el seu ús pel reg de determinats cultius sensibles a l'excés de N.

— Pot causar eutrofització, cosa que afavoreix l'increment de plantes aquàtiques i algues en embassaments, llacs, rius i finalment en el mar.

1.1. L'activitat agrària com a font de nitrats

La major part de cultius, com és el cas del panís, no esgoten els nitrats presents en el sòl al final del cicle (encara que es dona un cert consum de luxe) i per això el risc de contaminació és elevat. Les aplicacions de fertilitzants nitrogenats poden arribar a ser excessives en les següents condicions:

1. Quan hi ha una elevada presència de nitrats en el sòl a causa de la nitrificació del nitrogen dels fertilitzants (superior a l'absorció per part del cultiu), a la descomposició de la matèria orgànica del sòl i dels residus del cultiu anterior, especialment en el cas de l'alfals, i de les aplicacions de residus animals, principalment fems i purins en la zona d'estudi.

2. Quan l'extracció de N per part del cultiu es veu limitada per qualsevol altre factor que afecti de forma important el rendiment: manca d'aigua, tempestes amb pedra, plagues i malalties.

3. Quan la dosi de fertilitzant aplicada supera les quantitats recomanades o s'aplica quan no hi ha una extracció per

part del cultiu, per exemple molt aviat i en forma de nitrats.

1.2. Consideracions de caràcter general

El contingut total de nitrogen-nítric en la zona radicular és un veritable indicador que pot utilitzar-se com a base per l'estimació de les necessitats de fertilitzants nitrogenats. L'aigua de reg pot ser en molts casos una font important de nitrats al sòl. Una part del nitrogen s'allibera de la matèria orgànica durant l'estació de creixement. Aquesta fracció no es determina en les anàlisis estandaritzades de sòls. La quantitat de nitrogen mineralitzat és proporcional, entre altres factors, al contingut de matèria orgànica del sòl.

Només es determina el nitrogen que es troba en forma de nitrats. Les investigacions efectuades indiquen que aquesta és la forma més fiable per establir relacions entre la disponibilitat de nitrogen i les necessitats de fertilització nitrogenada. No s'han d'efectuar aplicacions de fertilitzants amoniacals poc abans de la presa de mostres. El temps de nitrificació d'aquests fertilitzants és variable i pot falsejar el contingut real de nitrats disponibles pel cultiu. La presa de mostres s'ha de realitzar fins a una profunditat d'1,2 m, donada l'elevada mobilitat dels nitrats (Blackmer, 1991).

Una manera d'avaluar si les disponibilitats de nitrogen han estat altes és analitzar el contingut de nitrats a la base de la tija després de la maduresa fisiològica, tal com indiquen Blackmer (1991)

i Binford *et al.*, (1990). Sembla que la disponibilitat de N al sòl és proporcional a la concentració de nitrats a la planta quan el contingut al sòl és excessiu. La concentració de nitrats en la part baixa de la tija en plantes joves està també relacionada amb la producció (McClenahan i Killorn, 1988). Magdoff *et al.*, (1984) estableix relacions entre els nitrats al sòl i els nitrats acumulats a la base de la tija.

2. MATERIAL I MÈTODES.

El seguiment de parcel·les comercials situades a la zona regable pels canals d'Urgell correspon a l'any 1993. El cultiu utilitzat ha estat el mateix per a totes les parcel·les, per tal que els resultats fossin comparables. Es tracta de la varietat Juanita[®] (Pioneer), molt utilitzada a la zona. Les tècniques de conreu han estat les habituals a la zona.

La selecció de les parcel·les comercials s'ha fet utilitzant la cartografia detallada de sòls de la zona regable del *Mapa de sòls de Catalunya 1:25.000. Bellvís. 360-1-2 (65-28)*. (Herrero *et al.*, 1993).

EL criteri per a la selecció de les parcel·les comercials s'ha fet tenint en compte les característiques edàfiques en quant a representativitat espacial i la disponibilitat a col·laborar per part dels agricultors. A la taula i s'indiquen les sèries a què pertanyen les parcel·les seleccionades i la seva classificació. La descripció detallada dels sòls es pot trobar a la memòria del mapa de sòls. Les parcel·les estan situades als municipis de Bellvís, el Poal i Linyola (Pla d'Ur-

TAULA I. *Classificació de les parcel·les comercials avaluades l'any 1993.*

Parcel·la	Classificació de sòls	
	Sèrie	Família Soil Taxonomy
A	COMELLES	<i>Xerofluvent típic</i> , llimosa grossa, mesclada (calcària) mèsica.
B	CASTELSERÀ	<i>Xerochrept gípsic</i> , llimosa fina, mesclada mèsica.
C	CASTELSERÀ	<i>Xerochrept gípsic</i> , llimosa fina, mesclada mèsica.
D	COMELLES	<i>Xerofluvent típic</i> , llimosa grossa, mesclada (calcària) mèsica.
E	COMELLES	<i>Xerofluvent típic</i> , llimosa grossa, mesclada (calcària) mèsica.
F	COMELLES	<i>Xerofluvent típic</i> , llimosa grossa, mesclada (calcària) mèsica.
G	TORNABOUS	<i>Xerochrept calcixeròl·lic</i> , franca fina sobre, esquelètica arenosa, mesclada, mèsica.

gell). Les parcel·les s'han denominat A, B, C, D, E, F i G.

Per fer el seguiment de nitrats al sòl al llarg del cicle de cultiu s'han pres mostres cada 30 cm fins a 1,2 m. A cada parcel·la s'han pres mostres en tres punts diferents. Cada mostra composta constava de tres submostres, cosa que fa un total de 36 mostres per parcel·la. Al llarg del cicle la presa de mostres s'ha realitzat de la següent manera: abans de la fertilització nitrogenada (març), a l'inici de la fase de creixement del cultiu (juny), en el moment de pol·linització (juliol), en el d'ompliment del gra (agost), i en la maduresa fisiològica (setembre). Els nitrats s'han determinat seguint la metodologia descrita per Keeney i Nelson (1982) i per Markus *et al.*, (1985).

El seguiment dels nitrats en planta s'ha realitzat en tres estadis del cicle de

panís (sis fulles, sedat i maduresa fisiològica). Per a cada parcel·la s'han agafat tres mostres compostes (deu submostres) de la part baixa de la tija (de 15 a 35 cm sobre el sòl). En aquest segment de 20 cm de tija es treuen les fulles seques (Binford *et al.*, 1990).

Les mostres de tija són transportades en neveres al lloc on es produeix l'assecament de les mostres a 60-70° C fins a pes constant. Un cop seques les mostres són triturades i introduïdes en els recipients on es conserven. En aquestes mostres es determina la concentració de N-NO₃⁻ i N total.

El rendiment s'ha determinat manualment. Les panotxes són desgranades mecànicament i els grans obtinguts són assecats. Es determina la humitat dels grans i s'ajusta la producció a una humitat de 140 g/kg.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

3.1. Rendiments

Els rendiments obtinguts han variat entre els 7,4 Mg/ha de la parcel·la B i els 13,5 Mg/ha de les parcel·les E i G (taula II).

3.2. Contingut de nitrats al sòl

El contingut de nitrats al sòl en els primers 120 cm de profunditat a l'inici del cicle de cultiu (abans de la sembra i de la fertilització) anava dels 120 kg N-NO₃⁻ per hectàrea de la parcel·la G (amb les textures més grosses) als 310 kg N-NO₃⁻/ha de la parcel·la A.

Sense considerar el contingut de nitrogen al sòl, els agricultors van fer les aplicacions de nitrogen oscil·lant entre els 250 i els 350 kg N/ha. De la taula II el primer que s'observa és que el màxim rendiment de les parcel·les comercials s'obté amb unes disponibilitats totals de nitrogen (contingut inicial més el nitrogen aplicat) de 370 kg N/ha (parcel·la G). El cultiu de panís d'a-

questa parcel·la ha donat un rendiment màxim de 13,5 Mg/ha i ha extret uns 305 kg N/ha tenint en compte els continguts percentuals de nitrogen del gra, la tija i les fulles. Encara que no es presenten els resultats es disposa de tots els perfils de nitrats al sòl i la seva evolució al llarg del cicle.

3.3. Contingut de nitrats en planta

A la taula III s'indiquen els continguts de nitrogen en planta a l'estat de sis fulles i al de maduresa fisiològica. Pel que fa als continguts de nitrats en l'estat de sis fulles s'ha determinat un nivell mínim de 3,9 g N-NO₃⁻/kg (parcel·la C) i un nivell màxim de 13,1 g N-NO₃⁻/kg (parcel·la F). A l'estat de maduresa fisiològica els nivells més baixos corresponen a la parcel·la G amb una concentració de nitrats de 0,4 g N-NO₃⁻/kg i un valor màxim de 5,6g N-NO₃⁻/kg (parcel·la F).

La parcel·la F i la parcel·la A són les dues que tenen més N assimilable a disposició del cultiu (taula II). A més, la parcel·la F és la que té un contingut de

TAULA II. *Contingut inicial de nitrogen al sòl, quantitat de fertilitzant nitrogenat aplicat i rendiment de cadascuna de les parcel·les avaluades l'any 1993.*

Parcel·la	Contingut inicial de nitrogen (Kg N-NO ₃ ⁻ /ha)	Nitrogen aplicat (kg N/ha)	Rendiment (Mg/ha)
A	310	350	9,2
B	250	350	7,4
C	250	250	9,7
D	150	250	10,7
E	270	300	13,5
F	280	350	11,4
G	120	250	13,5

TAULA III. *Resum dels resultats obtinguts durant l'any 1993.*

Parcel·la	Contingut de nitrogen al sòl 0-120 cm. (Kg N-NO ₃ /ha)	Nitrogen a la base de la tija (g N-NO ₃ /kg)	Nitrogen a la base de la tija. Estadi maduresa fisiològica (g N-NO ₃ /kg)	Rendiment relatiu (%)
A	253	5,5	2,4	0,68
B	226	4,3	3,4	0,55
C	246	3,9	1,7	0,72
D	220	4,9	1,7	0,79
E	210	4,6	1,5	1,00
F	475	13,1	5,6	0,84
G	260	7,7	0,4	1,00

nitrats més alt al sòl en el moment de l'inici del creixement de la planta (taula III). Binford *et al.*, (1990) en els seus experiments estableixen com a valor mínim crític una concentració de 0,25 g N-NO₃-/kg i indiquen que a partir d'1,8 g N-NO₃-/kg se sobrepassa el llindar corresponent a una aplicació òptima de nitrogen. Aquests primers resultats apunten a la possibilitat que el mètode proposat permeti conèixer si una parcel·la ha estat fertilitzada en excés o per diferents motius ha disposat d'una alta quantitat de nitrogen al sòl (aplicacions de purins, nitrats a l'aigua de reg, etc.).

La parcel·la F, tot i tenir un rendiment acceptable d'11,4 Mg/ha, podríem afirmar que tenint en compte les disponibilitats inicials de nitrogen ha rebut una fertilització excessiva que s'ha manifestat amb una concentració elevada de nitrats a la base de la tija i que no ha estat translocada al gra.

4. CONCLUSIONS

El diagnòstic del contingut de nitrats a la base de la tija a final de cicle sembla

de gran interès per comprovar si la planta ha disposat d'una quantitat en excés de nitrogen al sòl. El seguiment en els anys successius permetrà avançar en la interpretació dels resultats per a les diferents unitats de sòl estudiades. També es preveu la realització d'experimentació amb diferents dosis de N per a establir en les condicions de la zona les recomanacions més apropiades.

AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat possible gràcies a la beca de formació d'investigadors de la CIRIT de Pere Villar. Els autors volen agrair la col·laboració dels agricultors, de l'enginyer agrònom Pere Mas, de l'enginyer agrònom Miquel Aran (LAF de la Diputació de Lleida) i de l'enginyer agrònom Jaume Boixadera (Secció d'Avaluació de Recursos i Noves Tecnologies, DARP).

BIBLIOGRAFIA

BINFORD, G. D.; BLACKMER, A. M.; EL-HOUT, N. M. (1990). «Tissue tests for

- excess nitrogen during corn production». *Agronomy Journal*, núm. 82, p.124-129.
- BINFORD, G. D., BLACKMER, A. M.; CERRATO, M. E. (1992). «Relationships between corn yield and soil nitrate in late spring». *Agronomy Journal*, núm. 84, p. 53-59.
- BLACKMER, A. M. (1991). «Nitrogen needs for corn in a sustainable agriculture». *44th Annual Corn & Sorghum Research Conference*.
- BREITENBECK, G. A.; BOQUET, D. J. (1992). «Scientific basis for soil Nitrate testing». *Proceedings of a symposium conducted by the Southern Branch American Society of Agronomy*.
- HERRERO, C.; BOIXADERA, J.; DANÉS, R.; VILLAR, J. M. (1993). *Mapa de Sòls de l'àrea regable pels Canals d'Urgell*. Secció de Sòls. DARP.
- KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. (1982). «Nitrogen- inorganic forms». Ed. Agron. Mongr. ASA, SSA, 9 Madison, WI. *Methods of soil analysis*, p. 643-698.
- MAGDOFF, F. R., ROSS, D.; AMADON, J. (1984). «A soil test for Nitrogen Availability to Corn». *Soil Sci. Soc. Am. J.*, núm. 48, p.1301-1304.
- MARKUS, D. K., MCKINNON, J. P.; BUCCAFURRI, A. F. (1985). «Automated Analysis of Nitrite, Nitrate, and Ammonium Nitrogen in Soils». *Soil Sci. Soc. AM. J.*, Vol 49, p. 1208-1215.
- McCLENAHAN, E. J.; KILLORN, R. (1988). «Relationship between basal corn stem nitrate N content at V6 growth stage and grain yield». *Journal of Production Agriculture*, vol. núm. 1(4), p. 322-326.
- SIMMONS, R. C., GOLD, A. J.; GROFFMAN, P. M. (1992). «Nitrate dynamics in riparian forests: Groundwater studies». *J. Environ. Qual.*, núm. 21, p.659-665.
- VERDEGEM, L.; BAERT, L. (1984). «Losses of nitrate nitrogen in sandy and clayey soils». *Pedologie*, núm. 34-3, p. 235-255.
- WEIL, R. R., WEISMILLER, R. A., TURNER, R. S. (1990). «Nitrate contamination of groundwater under irrigated coastal plain soils». *J. Environ. Qual.*, núm. 19, p. 441-448.